

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-154583  
(43)Date of publication of application : 08.06.1999

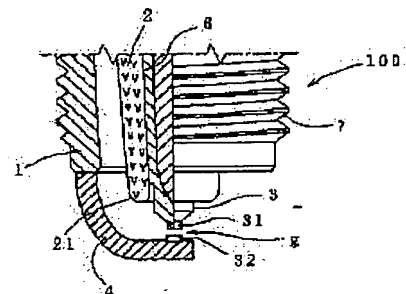
H01T 13/39

(71)Applicant : NGK SPARK PLUG CO LTD  
(72)Inventor : MATSUTANI WATARU  
GONDA ICHIRO

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a spark plug which is hardly consumed by oxidation/ volatilization of an Ir component at a high temperature while using metal mainly composed of Ir as an ignition part material.

**SOLUTION:** A spark plug 100 has a central electrode 3, an insulator 2 arranged outside its central electrode 3, a main body metal fitting 1 arranged outside the insulator 2 and an earth electrode 4 with one end joined to the main body metal fitting 1 and other end side oppositely arranged to the central electrode 3, and a chip 31 or 32 is fixed to at least one of these central electrode 3 and earth electrode 4, and a spark discharge gap (g) is formed. The chip 31 or 32 is mainly composed of Ir, and an area where Vickers hardness becomes equal to or smaller than Hv 400 is formed in a thickness not less than 0.05 mm from at least its surface.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998, 2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-154583

(43) 公開日 平成11年(1999) 6月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 T 13/39

識別記号

F I

H 0 1 T 13/39

審査請求 未請求 請求項の数 6 F D (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平9-336470

(22) 出願日 平成9年(1997)11月19日

(71) 出願人 000004547

日本特殊陶業株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号

(72) 発明者 松谷 渉

愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日

本特殊陶業株式会社内

(72) 発明者 権田 一郎

愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日

本特殊陶業株式会社内

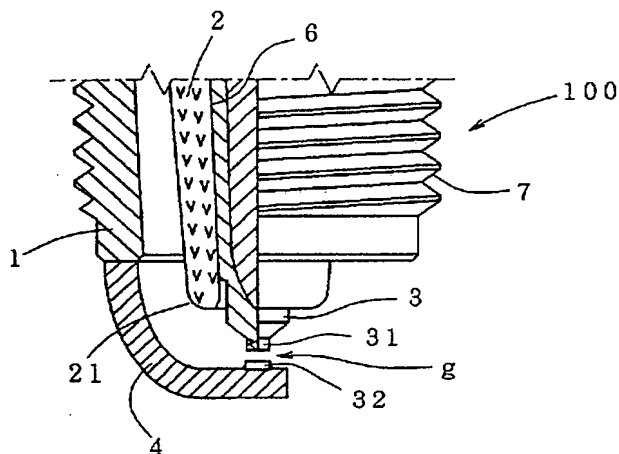
(74) 代理人 弁理士 菅原 正倫

(54) 【発明の名称】 スパークプラグ

(57) 【要約】

【課題】 発火部材料として I r を主成分とする金属を使用しつつも、高温での I r 成分の酸化・揮発による消耗が起こりにくいスパークプラグを提供する。

【解決手段】 スパークプラグ 100 は、中心電極 3 と、その中心電極 3 の外側に設けられた絶縁体 2 と、絶縁体 2 の外側に設けられた主体金具 1 と、主体金具 1 に一端が結合され、他端側が中心電極 3 と対向するように配置された接地電極 4 とを備え、それら中心電極 3 と接地電極 4 との少なくとも一方にチップ 31 ないし 32 が固着されて火花放電ギャップ g が形成される。そして、該チップ 31 ないし 32 は、I r を主体に構成されるとともに、ビッカース硬度が H v 400 以下となる領域が、その表面から少なくとも 0.05 mm 以上の厚さで形成される。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 中心電極と、その中心電極の外側に設けられた絶縁体と、前記絶縁体の外側に設けられた主体金具と、前記中心電極と対向するように配置された接地電極と、それら中心電極と接地電極との少なくとも一方に固着されて火花放電ギャップを形成する発火部とを備え、

前記発火部は、I r を主体に構成されるとともに、ビッカース硬度が H v 4 0 0 以下となる領域が、その表面から 0 . 0 5 mm 以上の厚さで形成されたことを特徴とするスパークプラグ。

【請求項 2】 前記発火部は、断面組織を観察したときにその断面上に表れる粒子の外形線に対し、その外形線と接しかつ前記粒子内を横切らないように 2 本の平行線を、その粒子との位置関係を変えながら各種引いたときの、前記平行線間の距離の最大値をその粒子の最大径 d max、同じく最小値を最小径 d min とし、任意の断面における各粒子毎の最大径 d max に対する最小径 d min の比を  $d_{min}/d_{max}$  としたときに、その  $d_{min}/d_{max}$  の平均値が 0 . 7 以上となっている請求項 1 記載のスパークプラグ。

【請求項 3】 中心電極と、その中心電極の外側に設けられた絶縁体と、前記絶縁体の外側に設けられた主体金具と、前記中心電極と対向するように配置された接地電極と、それら中心電極と接地電極との少なくとも一方に固着されて火花放電ギャップを形成する発火部とを備え、

前記発火部は、I r を主体に構成されるとともに、断面組織を観察したときにその断面上に表れる粒子の外形線に対し、その外形線と接しかつ前記粒子内を横切らないように 2 本の平行線を、その粒子との位置関係を変えながら各種引いたときの、前記平行線間の距離の最大値をその粒子の最大径 d max、同じく最小値を最小径 d min とし、任意の断面における各粒子毎の最大径 d max に対する最小径 d min の比を  $d_{min}/d_{max}$  としたときに、その  $d_{min}/d_{max}$  の平均値が 0 . 7 以上となっていることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項 4】 中心電極と、その中心電極の外側に設けられた絶縁体と、前記絶縁体の外側に設けられた主体金具と、前記中心電極と対向するように配置された接地電極と、それら中心電極と接地電極との少なくとも一方に固着されて火花放電ギャップを形成する発火部とを備え、

前記発火部は、I r を主体に構成されるとともに、表面から厚さ 0 . 0 5 mm までの表層部領域のビッカース硬度の平均値 h S の、残余の領域のビッカース硬度の平均値 h B に対する比  $h S/h B$  が 0 . 9 以下であることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項 5】 前記発火部は、断面組織を観察したときにその断面上に表れる粒子の外形線に対し、その外形線

と接しかつ前記粒子内を横切らないように 2 本の平行線を、その粒子との位置関係を変えながら各種引いたときの、前記平行線間の距離の最大値をその粒子の最大径 d max、同じく最小値を最小径 d min とし、任意の断面における各粒子毎の最大径 d max に対する最小径 d min の比を  $d_{min}/d_{max}$  としたときに、その  $d_{min}/d_{max}$  の平均値が 0 . 7 以上となっている請求項 4 記載のスパークプラグ。

【請求項 6】 前記発火部は、I r を主体とする金属材料に所定の加工を施し、さらに 9 0 0 ~ 1 7 0 0 °C で焼鈍を施して得られるチップを、前記中心電極と接地電極との少なくとも一方に固着することにより形成されたものである請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載のスパークプラグ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は内燃機関に使用されるスパークプラグに関する。

## 【0 0 0 2】

【従来の技術】従来、自動車エンジン等の内燃機関用のスパークプラグとして、耐火花消耗性向上のために、電極の先端に P t (白金) 合金のチップを溶接して発火部を形成したものが使用されているが、白金は高価であり融点も 1 7 6 9 °C 程度であって耐火花消耗材料としては十分ではないため、チップ材料としてより安価で融点も 2 4 5 4 °C 程度と高い I r (イリジウム) を使用する提案がなされている。

## 【0 0 0 3】

【発明が解決しようとする課題】スパークプラグの発火部を I r で構成した場合、I r は 9 0 0 ~ 1 0 0 0 °C の高温域においては、揮発性の酸化物を生じて消耗しやすい性質を有しているため、そのまま電極発火部に使用すると、火花消耗よりも酸化揮発による消耗が問題となる欠点がある。従って、市街地走行のような温度の低い条件であれば耐久性はよいが、高速連続運転の場合には、耐久性が極端に低下してしまう問題がある。そこで、発火部を構成する合金に適当な元素を添加して、I r の酸化揮発による消耗を抑さえる試みがなされている。例えば、特開平 9 - 7 7 3 3 号公報には、R h を添加することにより I r 成分の酸化揮発を抑さえ、発火部の高温耐熱性と耐消耗性を改善したスパークプラグが開示されている。また、I r の酸化・揮発を抑制するために、I r に Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の希土類酸化物を分散させた材料を発火部構成材料として使用する提案もなされている(特開平 7 - 3 7 6 7 7 号)。しかしながら、近年のエンジンの高出力化に伴いプラグの使用温度域はさらに上昇する傾向にあり、より耐久性に優れたスパークプラグが望まれている。

【0 0 0 4】本発明は、発火部材料として I r を主成分とする金属を使用しつつも、高温での I r 成分の酸化・

揮発による消耗が起こりにくく、ひいては耐久性に優れたスパークプラグを提供することにある。

#### 【0005】

【課題を解決するための手段及び作用・効果】上述の課題を解決するために本発明のスパークプラグの第一の構成は、中心電極と、その中心電極の外側に設けられた絶縁体と、絶縁体の外側に設けられた主体金具と、中心電極と対向するように配置された接地電極と、それら中心電極と接地電極との少なくとも一方に固着されて火花放電ギャップを形成する発火部とを備え、その発火部が、Irを主体に構成されるとともに、ビッカース硬度がHv400以下となる領域が、その表面から0.05mm以上の厚さで形成されたことを特徴とする。

【0006】本発明者らは、火花放電ギャップを形成する発火部をIrを主体とする金属で構成した場合、表面から厚さ0.05mm以上の表層部領域のビッカース硬度をHv400以下とすることで、高温でのIr成分の酸化揮発による消耗が効果的に抑制され、ひいてはより耐久性に優れたスパークプラグが実現されることを見出したのである。

【0007】上記スパークプラグの発火部において、ビッカース硬度がHv400以下となる表層部領域の厚さが0.05mm未満になると、高温でのIr成分の酸化揮発による消耗抑制効果が十分に達成されなくなる。なお、表層部領域のビッカース硬度は、望ましくはHv370以下とするのがよい。また、ビッカース硬度がHv400以下（望ましくはHv370以下）となる表層部領域の厚さは、望ましくは0.1mm以上であることが望ましい。

【0008】なお、上記発火部は、Irを主体とする金属からなるチップを、接地電極及び／又は中心電極に対し溶接により接合して形成することができる。この場合、本明細書でいう「発火部」とは、接合されたチップのうち、溶接による組成変動の影響を受けていない部分（例えば、溶接により接地電極ないし中心電極の材料と合金化した部分を除く残余の部分）を指すものとする。

【0009】この場合、発火部は、Irを主体とする金属素材に所定の加工を施し、さらに900～1700℃で焼鈍を施して得られるチップを、中心電極と接地電極との少なくとも一方に固着することにより形成することができる。なお、ここでいう「加工」とは、圧延、鍛造、切削、切断及び打抜き等の少なくともいずれかを単独で、又は複数を組み合わせてなされるものを意味するものとする。この場合、圧延、鍛造、あるいは打抜き等の加工は、合金を所定の温度に昇温して行ういわゆる熱間加工（あるいは温間加工）により行うことができる。その加工温度は合金組成にもよるが、例えば700℃以上とするのがよい。チップのより具体的な製造方法としては、例えば溶解合金を熱間圧延により板状に加工し、さらにその板材を熱間打抜き加工により所定の形状に打ち

抜いてチップを形成する方法を例示できる。なお、溶解合金を熱間圧延又は熱間鍛造により線状あるいはロッド状に加工した後、これを長さ方向に所定長に切断してチップを形成する方法も可能である。

【0010】このような加工を経て製造されたチップは、塑性加工による歪が相当程度に残留して加工硬化を起こしており、特に歪残留の程度が大きい表層部領域は硬度が相当に高くなっている。本発明者らが鋭意検討した結果、このようなチップをそのまま接地電極ないし中心電極に固着して発火部を形成すると、Ir成分の酸化・揮発による消耗が進行しやすく、スパークプラグの耐久性が損なわれることが判明した。そして、本発明者らは、該チップに900～1700℃で焼鈍を施して、ビッカース硬度がHv400以下（望ましくは370以下）となる表層部領域の厚さが0.05mm以上（望ましくは0.1mm以上）となるようにチップを軟化させることで、Ir成分の酸化・揮発が効果的に抑制され、スパークプラグの耐久性が向上することを見出し、本発明を完成するに至ったのである。なお、焼鈍雰囲気は、処理中のIrの酸化・揮発が抑制されるよう、例えば不活性ガス雰囲気又は $10^{-3}$ torr以下の真空雰囲気、あるいは水素雰囲気等の還元性雰囲気にて行なうことが望ましい。

【0011】焼鈍温度が900℃未満になると、チップの軟化が不十分となり、ひいては発火部のIr成分の酸化・揮発抑制効果が十分に得られなくなる。一方、1700℃を超える焼鈍温度は、チップが過度に軟化して変形したり、Ir成分揮発が進行しやすくなるので好ましくない。焼鈍温度は、望ましくは1000～1500℃の範囲で調整するのがよい。

【0012】発火部は、図5に示すように、その断面組織を観察したときにその断面上に表れる粒子の外形線に対し、その外形線と接しかつ粒子内を横切らないように2本の平行線を、その粒子との位置関係を変えながら各種引いたときの、上記平行線間の距離の最大値をその粒子の最大径 $d_{max}$ 、同じく最小値を最小径 $d_{min}$ とし、任意の断面における各粒子毎の最大径 $d_{max}$ に対する最小径 $d_{min}$ の比を $d_{min}/d_{max}$ として、その $d_{min}/d_{max}$ の平均値が0.7以上となっていることが望ましい。すなわち、圧延や線引き加工等により強加工されたチップ素材は上述の通り加工硬化しているため、発火部のIr成分の酸化・揮発抑制上好ましくない。この場合、素材の粒子（主に結晶粒子）は加工方向に大きく引き伸ばされ、上記 $d_{min}/d_{max}$ はかなり小さい値を示す。しかしながら、前述の焼鈍を施せば再結晶が進んで $d_{min}/d_{max}$ は次第に大きくなる。そして、 $d_{min}/d_{max}$ の平均値が0.7以上になれば、発火部のIr成分の酸化・揮発が一層効果的に抑制され、スパークプラグの寿命向上を図ることができる。なお、 $d_{min}/d_{max}$ の平均値は、望ましくは0.75以上となっているのがよい。

【0013】また、本発明のスパークプラグの第二の構成は、中心電極と、その中心電極の外側に設けられた絶縁体と、絶縁体の外側に設けられた主体金具と、中心電極と対向するように配置された接地電極と、それら中心電極と接地電極との少なくとも一方に固着されて火花放電ギャップを形成する発火部とを備え、その発火部が、Irを主体に構成されるとともに、その断面組織を観察したときにその断面上に表れる粒子の外形線に対し、その外形線と接しかつ粒子内を横切らないように2本の平行線を、その粒子との位置関係を変えながら各種引いたときの、上記平行線間の距離の最大値をその粒子の最大径 $d_{max}$ 、同じく最小値を最小径 $d_{min}$ とし、任意の断面における各粒子毎の最大径 $d_{max}$ に対する最小径 $d_{min}$ の比を $d_{min}/d_{max}$ として、その $d_{min}/d_{max}$ の平均値が0.7以上となっていることを特徴とする。例えば前述の焼鈍等により、発火部の粒子の $d_{min}/d_{max}$ の平均値が0.7以上となるように、該発火部の構成素材（あるいはチップの構成素材）の組織を調整すれば、Ir成分の酸化・揮発を抑制し、スパークプラグの寿命を向上させる上で一定の効果が期待できる。なお、 $d_{min}/d_{max}$ の平均値は、望ましくは0.75以上となっているのがよい。

【0014】また、本発明のスパークプラグの第三の構成は、中心電極と、その中心電極の外側に設けられた絶縁体と、絶縁体の外側に設けられた主体金具と、中心電極と対向するように配置された接地電極と、それら中心電極と接地電極との少なくとも一方に固着されて火花放電ギャップを形成する発火部とを備え、その発火部が、Irを主体に構成されるとともに、火花放電ギャップに面した表面から厚さ0.05mmまでの表層部領域のビッカース硬度の平均値 $hS$ の、残余の領域のビッカース硬度の平均値 $hB$ に対する比 $hS/hB$ が0.9以下であることを特徴とする。

【0015】発火部を形成するためのチップの加工硬化の程度が相当に大きい場合、前述の焼鈍を施しても、例えば周囲の結晶粒に拘束されて回復・再結晶が妨げられる等の要因で、該チップの中心部では軟化がそれほど進行しないことがある。この場合、上記構成のように、チップ固着により形成される発火部の表層部領域が残余の領域（すなわち中心部領域）に比べて、上記 $hS/hB$ が0.9以下となる程度に軟化していれば、Ir成分の酸化・揮発を抑制し、スパークプラグの寿命を向上させる上で一定の効果が期待できる。なお、 $hS/hB$ の値は、望ましくは0.85以下となっているのがよい。また、上記発火部は、その断面組織を観察したときにその断面上に表れる粒子の外形線に対し、その外形線と接しかつ粒子内を横切らないように2本の平行線を、その粒子との位置関係を変えながら各種引いたときの、上記平行線間の距離の最大値をその粒子の最大径 $d_{max}$ 、同じく最小値を最小径 $d_{min}$ とし、任意の断面における各粒子毎

の最大径 $d_{max}$ に対する最小径 $d_{min}$ の比を $d_{min}/d_{max}$ として、その $d_{min}/d_{max}$ の平均値が0.7以上（望ましくは0.75以上）となっていればさらによい。さらに、上記発火部は、ビッカース硬度が $Hv400$ 以下となる領域が、その表面から0.05mm以上の厚さで形成されていればさらによい。

【0016】上記発火部は、例えば下記のようなIr合金を主体に構成することができる。

(1) Irを主体としてRhを3～50重量%（ただし50重量%は含まない）の範囲で含有する合金を使用する。該合金の使用により、高温でのIr成分の酸化・揮発による発火部の消耗が効果的に抑制され、ひいては耐久性に優れたスパークプラグが実現される。

【0017】上記合金中のRhの含有量が3重量%未満になると、Irの酸化・揮発の抑制効果が不十分となり、発火部が消耗しやすくなるためプラグの耐久性が低下する。一方、Rhの含有量が50重量%以上になると合金の融点が低下し、プラグの耐久性が同様に低下する。以上のことから、Rhの含有量は前述の範囲で調整するのがよく、望ましくは7～30重量%、より望ましくは15～25重量%、最も望ましくは18～22重量%の範囲で調整するのがよい。

【0018】(2) Irを主体としてPtを1～20重量%の範囲で含有する合金を使用する。該合金の使用により、高温でのIr成分の酸化・揮発による発火部の消耗が効果的に抑制され、ひいては耐久性に優れたスパークプラグが実現される。なお、上記合金中のPtの含有量が1重量%未満になるとIrの酸化・揮発の抑制効果が不十分となり、発火部が消耗しやすくなるためプラグの耐久性が低下する。一方、Ptの含有量が20重量%以上になると合金の融点が低下し、プラグの耐久性が同様に低下する。

【0019】(3) Irを主体としてRhを0.1～30重量%の範囲で含有し、さらにRuを0.1～17重量%の範囲で含有する合金を使用する。これにより、高温でのIr成分の酸化・揮発による発火部の消耗がさらに効果的に抑制され、ひいてはより耐久性に優れたスパークプラグが実現される。Rhの含有量が0.1重量%未満になるとIrの酸化・揮発の抑制効果が不十分となり、発火部が消耗しやすくなるためプラグの耐消耗性が確保できなくなる。一方、Rhの含有量が30重量%を超えると、Ruを含有する合金の融点が低下して耐火花消耗性が損なわれ、プラグの耐久性が同様に確保できなくなる。それ故、Rhの含有量は上記範囲で調整される。

【0020】一方、Ruの含有量が0.1重量%未満になると、該元素の添加によるIrの酸化・揮発による消耗を抑制する効果が不十分となる。また、Ruの含有量が17重量%を超えると、発火部が却って火花消耗しやすくなり、プラグの十分な耐久性が確保できなくなる。

それ故、Ruの合計含有量は上記範囲で調整され、望ましくは0.1～1.3重量%、さらに望ましくは0.5～1.0重量%の範囲で調整するのがよい。

【0021】Ruが合金中に含有されることにより発火部の耐消耗性が改善される原因の一つとして、例えばこの成分の添加により、合金表面に高温で安定かつ緻密な酸化物皮膜が形成され、単体の酸化物では揮発性が非常に高かったIrが、該酸化物皮膜中に固定されることが推測される。そして、この酸化物皮膜が一種の不動態皮膜として作用し、Ir成分の酸化進行を抑制するものと考えられる。また、Rhを添加しない状態では、Ruを添加しても合金の高温での耐酸化揮発性はそれほど改善されないことから、上記酸化物皮膜はIr-Ru-Rh系等の複合酸化物であり、これが緻密でないし合金表面に対する密着性においてIr-Ru系の酸化物皮膜より優れたものとなっていることも考えられる。

【0022】なお、Ruの合計含有量が増え過ぎると、Ir酸化物の揮発よりはむしろ下記のような機構により火花消耗が進行するようになるものと推測される。すなわち、形成される酸化物皮膜の緻密性あるいは合金表面に対する密着力が低下し、該合計含有量が1.7重量%を超えると特にその影響が顕著となる。そして、スパークプラグの火花放電の衝撃が繰返し加わると、形成されている酸化物皮膜が剥がれ落ちやすくなり、それによって新たな金属面が露出して火花消耗が進行しやすくなるものと考えられる。

【0023】また、Ruの添加により、さらに次のような重要な効果を達成することができる。すなわち、Ruを合金中に含有させることにより、Ir-Rh二元合金を使用する場合と比較して、Rh含有量を大幅に削減しても耐消耗性を十分に確保でき、ひいては高性能のスパークプラグをより安価に構成できるようになる。この場合、Rhの含有量は0.1～3重量%、より望ましくは0.1～1重量%となっているのがよい。

【0024】なお、上記(1)～(3)のいずれの材質においても、チップを構成する材料には、元素周期律表の3A族(いわゆる希土類元素)及び4A族(Ti、Zr、Hf)に属する金属元素の酸化物(複合酸化物を含む)を0.1～1.5重量%の範囲内で含有させることができる。これにより、Ir成分の酸化・揮発による消耗がさらに効果的に抑制される。上記酸化物の含有量が0.1重量%未満になると、当該酸化物添加によるIrの酸化・揮発防止効果が十分に得られなくなる。一方、酸化物の含有量が1.5重量%を超えると、チップの耐熱衝撃性が低下し、例えばチップを電極に溶接等により固着する際に、ひびわれ等の不具合を生ずることがある。なお、上記酸化物としては、 $Y_2O_3$ が好適に使用されるが、このほかにも $La_2O_3$ 、 $ThO_2$ 、 $ZrO_2$ 等を好ましく使用することができる。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明のいくつかの実施の形態を図面を用いて説明する。図1に示す本発明の一例たるスパークプラグ100は、筒状の主体金具1、先端部21が突出するようにその主体金具1の内側に嵌め込まれた絶縁体2、先端に形成された発火部31を突出させた状態で絶縁体2の内側に設けられた中心電極3、及び主体金具1に一端が溶接等により結合されるとともに他端側が側方に曲げ返されて、その側面が中心電極3の先端部と対向するように配置された接地電極4等を備えている。また、接地電極4には上記発火部31に対向する発火部32が形成されており、それら発火部31と、対向する発火部32との間の隙間が火花放電ギャップgとされている。

【0026】絶縁体2は、例えばアルミナあるいは窒化アルミニウム等のセラミック焼結体により構成され、その内部には自身の軸方向に沿って中心電極3を嵌め込むための孔部6を有している。また、主体金具1は、低炭素鋼等の金属により円筒状に形成されており、スパークプラグ100のハウジングを構成するとともに、その外周面には、プラグ100を図示しないエンジンブロックに取り付けるためのねじ部7が形成されている。

【0027】次に、図2に示すように、中心電極3及び接地電極4の本体部3a及び4aはNi合金等で構成されている。一方、上記発火部31及び対向する発火部32は、Irを主体とする合金、例えばIr-Rh合金により構成される。

【0028】中心電極3の本体部3aは先端側が縮径されるとともにその先端面が平坦に構成され、ここに上記発火部を構成する合金組成からなる円板状のチップを重ね合わせ、さらにその接合面外縁部に沿ってレーザー溶接、電子ビーム溶接、抵抗溶接等により溶接部Bを形成してこれを固着することにより発火部31が形成される。また、対向する発火部32は、発火部31に対応する位置において接地電極4にチップを位置合わせし、その接合面外縁部に沿って同様に溶接部Bを形成してこれを固着することにより形成される。なお、発火部31及び対向する発火部32のいずれか一方を省略する構成としてもよい。この場合には、発火部31と接地電極4との間、あるいは対向する発火部32と中心電極3との間で火花放電ギャップgが形成される。

【0029】これらチップは、例えば所定の組成となるように各合金成分を配合・溶解することにより得られる溶解合金を熱間圧延により板状に加工し、その板材を熱間打抜き加工により所定のチップ形状に打ち抜き、さらに、真空ないし不活性ガス雰囲気、あるいは水素雰囲気等の還元性雰囲気にて900～1700℃(望ましくは1000～1500℃)で焼鈍されたものが使用される。なお、チップは、合金を熱間圧延又は熱間鍛造により線状あるいはロッド状に加工した後、これを長さ方向に所定長に切断し、さらに焼鈍を施して形成したものを

使用してもよい。

【0030】そして、該チップに基づいて形成された発火部31及び対向する発火部32は、ビッカース硬度がHv400以下（望ましくはHv370以下）となる領域が、その表面から0.05mm（望ましくは0.1mm）以上の厚さで形成される。また、上記発火部31（及び対向する発火部32）は、その任意の断面において、各粒子毎の前述の最大径 $d_{max}$ に対する最小径 $d_{min}$ の比（図5参照）を $d_{min}/d_{max}$ として、その $d_{min}/d_{max}$ の平均値が0.7以上（望ましくは0.75以上）のものとされる。

【0031】以下、スパークプラグ100の作用について説明する。すなわち、図1に示すように、スパークプラグ100は、そのねじ部7においてエンジンブロックに取り付けられ、燃焼室に供給される混合気への着火源として使用される。ここで、その火花放電ギャップ $g$ を形成する発火部31及び対向する発火部32が上述のように構成されることで、Irの酸化・揮発による発火部の消耗が抑制される。これにより、長期に渡って火花放電ギャップ $g$ が拡大せず、プラグ100の寿命を伸ばすことができる。

【0032】例えば、図4(a)に示すように、圧延板素材200を打ち抜いて製造したチップ101の場合、圧延面に由来する両端面付近に特に硬度の高い表層部101aが形成される。このチップ101をそのまま用いて図2の発火部31ないし対向する発火部32を形成すると、そのギャップ対向面31aないし32a付近の硬度が高くなり、該部分においてIr成分の酸化揮発が起きやすくなる。一方、図4(b)に示すように、鍛造により製造されたロッド状素材102を長さ方向に所定長に切断して製造したチップ101の場合は、その外周面付近に硬度の高い表層部101bが形成される。これを用いて発火部31ないし対向する発火部32を形成した場合は、その周面31bないし32b付近の硬度が高くなり、該部分においてIr成分の酸化揮発が起きやすくなる。しかしながら、いずれの場合も前述の焼鈍を行なったチップを使用すれば、上記表層部101aないし101bの高硬度状態が解消し、Irの酸化・揮発が抑制されることとなる。

【0033】図3に示すように、発火部31ないし対向する発火部32は、（図3では発火部31で代表させている）中心電極3の中心軸線Oと平行な第一の面による断面P1と、同じく該中心軸線Oと平行でかつ第一の面と直交する第二の面による断面P2と、該中心軸線Oと直交する第三の面による断面P3とのいずれにおいても、粒子の $d_{min}/d_{max}$ の平均値が0.7以上、望ましくは0.75以上であるのがよい。例えば、焼鈍を施さないかあるいは焼鈍が不十分なチップを用いて図2の発火部31ないし対向する発火部32を形成した場合、図4(a)のチップ101においては、圧延方向に引き伸

ばされた粒子が主体的となるので、断面P3において、 $d_{min}/d_{max}$ が0.7未満となりやすくなる。一方、図4(b)のチップ101においては、鍛造による延伸方向に引き伸ばされた粒子が主体的となるので、断面P1ないしP2において、 $d_{min}/d_{max}$ の平均値が0.7未満となりやすくなる。しかしながら、焼鈍が十分に施されたチップを用いることで、発火部31ないし対向する発火部32は、いずれの断面P1~P3においても、 $d_{min}/d_{max}$ の平均値を0.7以上とすることが可能となる。

【0034】なお、焼鈍時間を長くすることにより、チップ101のほぼ全体を、例えばビッカース硬度がHv400以下（望ましくはHv370以下）となるようにしてもよい。一方、チップ101の加工硬化の程度が相当に大きい場合、前述の焼鈍を施しても、周囲の結晶粒に拘束されて回復・再結晶等が妨げられる等の要因で、該チップ101の中心部では軟化がそれほど進行しないことがある。また、チップ101の構成材質によっては、焼鈍を十分に施しても、そのビッカース硬度をHv400以下とできない場合がある。これらの場合、図4(c)に示すように、チップ101の固着により形成される発火部31（及び対向する発火部32：図では発火部31で代表させる）の表層部領域31sの平均のビッカース硬度 $h_s$ と、残余の領域（すなわち中心部領域）31cの平均のビッカース硬度 $h_b$ との比 $h_s/h_b$ が0.9以下（望ましくは0.85以下）となる程度に軟化していれば、Ir成分の酸化・揮発を抑制し、スパークプラグの寿命を向上させる上で一定の効果が達成される。

#### 【0035】

【実施例】（実施例1）Ir単体金属素材（純度99.9%）と、所定量のRh、及びPtを配合・溶解することによりIrを主体としてRhないしPtを各種組成で含有する合金素材とを溶解法により作製した。これら素材を熱間圧延（温度約700℃）により厚さ0.5mmの板状とし、これを熱間打抜（温度約700℃）により直径0.7mm、厚さ0.5mmの円板状のチップに加工した。そして、加工後のチップに対し、温度1150℃又は1200℃、保持時間5~40時間にて真空焼鈍を行なった。なお、比較のために、未焼鈍のチップも作製した。

【0036】上記各チップは、研磨によりその厚さ方向中央部で軸線とほぼ直交する向きの断面を作り、その光学顕微鏡写真を撮影して、各粒子の最大径 $d_{max}$ に対する最小径 $d_{min}$ の比 $d_{min}/d_{max}$ を公知の画像解析手法により求め、その平均値を求めた。

【0037】また、図6に示すように、各チップを軸線O1を含む面で切断し、さらに該軸線の中点を通してこれと直交する基準線O2を中心として幅0.2mmの細長い硬度測定領域を設定し、該基準線O2の一方の端側の

表面(図6で「基準点」として表示)からチップ中心に向けて0.05mm間隔で、該基準線O2に沿うピッカー硬度の分布を測定した。なお、測定はマイクロピッカー硬度計を用い、かつ基準線O2に沿う各位置毎に上記硬度測定領域の幅方向に沿って所定の間隔で4点測定した平均値により硬度を求めた。そして、その測定した硬度分布において、上記基準点から0.05mmの位置での硬度をh0.05、同じく0.1mmの位置での硬度をh0.1として両者の平均 $(h0.05+h0.1)/2$ を表層部硬度hSとして算出した。また、基準点から0.30mm

mの位置での硬度をh0.30、同じく0.35mmの位置での硬度をh0.35、さらに0.40mmの位置での硬度をh0.40として、それらの平均 $(h0.30+h0.35+h0.40)/3$ を中心部硬度hBとして算出した

【0038】そして、それらチップを試験片とし、大気中にて1100℃で30時間保持した後の各試験片の重量減少率(酸化減量)を測定した。その結果を表1に示す。

【0039】

【表1】

|    | チップ組成            | 焼鈍温度<br>(℃) | 焼鈍時間<br>(hr) | 表層部硬度<br>(hS) | 中心部硬度<br>(hB) | hS/hB | dmin/dmax | 酸化減量<br>(%) |
|----|------------------|-------------|--------------|---------------|---------------|-------|-----------|-------------|
| 1* | Ir-0.8wt%Rh      | 焼鈍なし        | —            | 497           | 486           | 1.02  | 0.08      | 28.9        |
| 2  | Ir-0.8wt%Rh      | 1150        | 30           | 285           | 420           | 0.68  | 0.87      | 14.3        |
| 3* | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 焼鈍なし        | —            | 556           | 542           | 1.02  | 0.06      | 15.9        |
| 4  | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 1150        | 5            | (380)         | 516           | 0.74  | 0.70      | 12.1        |
| 5  | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 1150        | 10           | (350)         | 503           | 0.70  | 0.73      | 8.7         |
| 6  | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 1150        | 30           | 328           | 494           | 0.66  | 0.74      | 4.3         |
| 7  | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 1200        | 40           | 314           | 322           | 0.98  | 0.92      | 3.7         |
| 8* | Ir               | 焼鈍なし        | —            | 568           | 572           | 0.99  | 0.04      | 81.8        |
| 9  | Ir               | 1150        | 30           | 381           | 465           | 0.82  | 0.71      | 17.4        |
| 10 | Ir               | 1200        | 40           | 386           | 374           | 1.03  | 0.77      | 17.8        |

\*は本発明の範囲外であることを示す。

【0040】すなわち、表層部の硬度hSがHv400以下となっているチップについては、いずれも酸化減量が小さくなっていることがわかる。これは、該チップを用いてスパークプラグを作製すれば、プラグの温度が上昇する高速・高負荷運転状態においてもチップの消耗が抑制され、プラグの耐久性が高められることを示唆している。また、これらチップは、dmin/dmaxの平均値がいずれも0.7以上となっていることもわかる。一方、表層部の硬度hSがHv400を超えるチップ(試料番号1, 3, 8)については、酸化減量が大きくなっている(15%以上)ことがわかる。

【0041】次に、上記作製したいくつかのチップのうち、実施例として表1の番号6のチップ(表層部硬度hS: Hv328)と、同じく比較例として番号3のチップ(表層部硬度hS: Hv556)を用いて、図1に示すスパークプラグ100の発火部31及び対向する発火部32を形成した。なお、火花放電ギャップgの幅は1.1mmに設定した。図6に、これらチップの前記基準

線に沿う硬度分布の測定結果を示す。すなわち、番号6のチップでは、表面から0.1mmまでの硬度がHv360以下であり、本発明の範囲に属するものとなっているのに対し、番号3のチップでは、位置によらずその硬度が一律にHv500以上の高い値を示していることがわかる。また、図7には、使用したチップの表層部断面の光学顕微鏡組織写真を示す((a)が番号6、(b)が番号3:倍率200倍)。焼鈍を施さなかった番号3のチップの組織は、加工に起因して一方向に強く引き伸ばされた結晶粒が主体的となっているのに対し、焼鈍を施した番号6のチップは、再結晶が進んで、各結晶粒が全体として丸みを帯びた等軸晶的な組織を示していることがわかる。

【0042】そして、上記プラグの性能試験を以下の条件にて行った(番号3及び6のみ)。すなわち、6気筒ガソリンエンジン(排気量2800cc)にそれらプラグを取り付け、スロットル全開状態、エンジン回転数5500rpmにて400時間連続運転し(中心電極温度



約900℃)、運転終了後のプラグの発火部の状態を目視にて観察した。その外観写真を図8に示す。すなわち、図8(b)に示すように、焼鈍を施さず表層部が硬化したままのチップ(番号3)で発火部を構成した比較例のスパークプラグについては、発火部の消耗が著しく進行しているのに対し、同図(a)に示すように、焼鈍を施して表層部を軟化させたチップ(番号6)で発火部を構成した実施例のスパークプラグでは、発火部の消耗がそれほど進んでおらず耐消耗性が改善されていることがわかる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のスパークプラグを示す正面部分断面図。

【図2】その要部を示す拡大断面図。

【図3】発火部の断面位置を示す説明図。

【図4】チップの製造方法の例を示す説明図。

【図5】チップ中の粒子の最大径及び最小径の定義を示

す説明図。

【図6】実施例における断面硬度分布の測定に用いた試料の模式図と、番号3及び番号6のチップについての測定結果を示すグラフ。

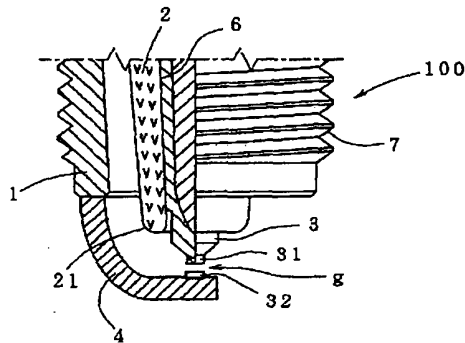
【図7】番号3及び番号6のチップの断面表層部の光学顕微鏡写真。

【図8】番号3及び番号6の各チップを用いて作成したスパークプラグの発火部の、試験終了後の外観を示す写真。

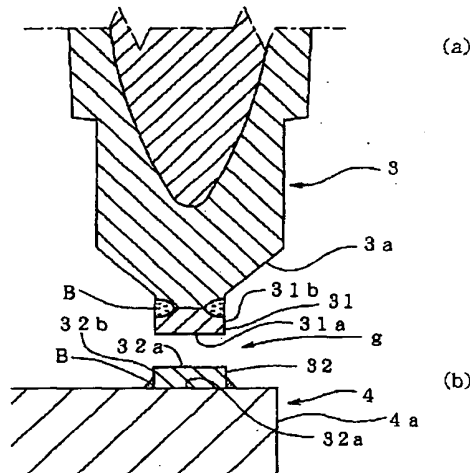
10 【符号の説明】

- 1 主体金具
- 2 絶縁体
- 3 中心電極
- 4 接地電極
- 31 発火部(チップ)
- 32 対向する発火部(チップ)
- g 火花放電ギャップ

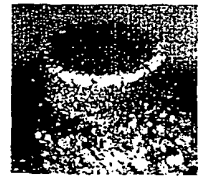
【図1】



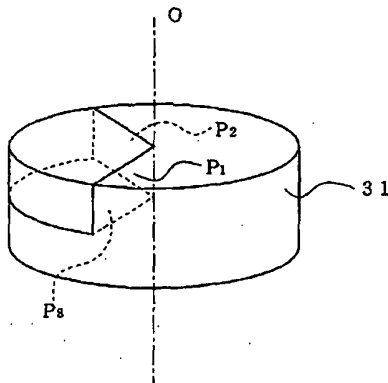
【図2】



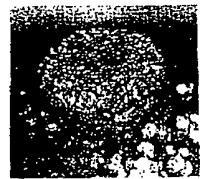
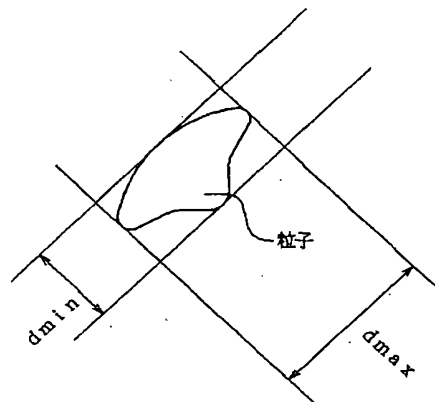
【図8】



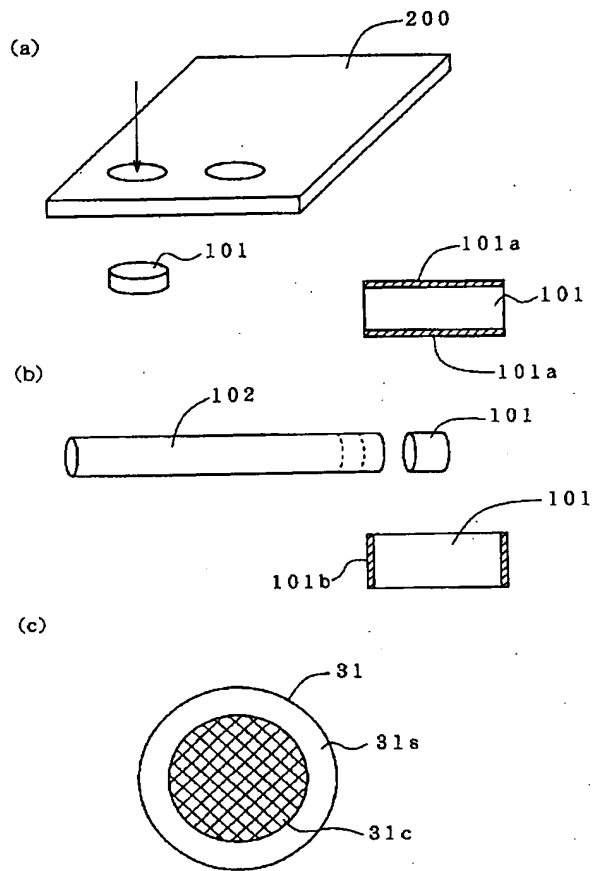
【図3】



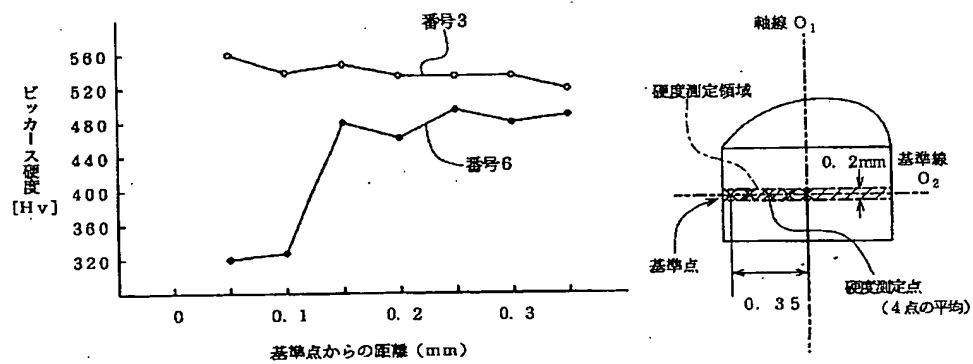
【図5】



【図4】



【図6】



【図 7】

(a)



(b)



DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the spark plug used for an internal combustion engine.

[0002]

[Description of the Prior Art] Although what welded the chip of Pt (platinum) alloy at the nose of cam of an electrode, and formed the ignition section in it as a spark plug for internal combustion engines, such as an automobile engine, for the improvement in fireproof flower expendable is used conventionally Platinum is expensive, the melting point is also about 1769 degrees C, since it is not enough as a material [ exhausting / fireproof flower ], it is more cheap as a chip material, and the proposal for which Ir (iridium) also with the as high melting point as about 2454 degrees C is used is made.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When the ignition section of a spark plug is constituted from Ir, since Ir has the property which produces an volatile oxide and is easy to exhaust, when it is used for the electrode ignition section as it is, it has the fault to which exhaustion by oxidization volatilization poses a problem from sparks exhaustion in a 900-1000-degree C pyrosphere. Therefore, although endurance is good if it is the low conditions of temperature like a city area run, in the case of high-speed continuous running, there is a problem to which endurance falls extremely. Then, the suitable element for the alloy which constitutes the ignition section is added, and \*\*\*\*\* is made even for \*\* in exhaustion by oxidization volatilization of Ir. For example, the spark plug to which even \*\* has improved the elevated-temperature thermal resistance of the ignition section and expendability-proof is indicated by JP,9-7733,A in oxidization volatilization of Ir component by adding Rh. Moreover, in order to suppress oxidization and volatilization of Ir, the proposal which uses the material which made Ir distribute the rare earth oxide of Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> grade as an ignition section component is also made (JP,7-37677,A). However, in connection with the high increase in power of an engine in recent years, the service-temperature region of a plug tends to go up further, and a spark plug which was more excellent in endurance is desired.

[0004] Although the metal which makes Ir a principal component as an ignition section material is used for this invention, it is to offer the spark plug which the consumption by oxidization and volatilization of Ir component in an elevated temperature could not take place easily, as a result was excellent in endurance.

[0005]

[Means for Solving the Problem and its Function and Effect] In order to solve an above-mentioned technical problem the first composition of the spark plug of this invention A center electrode, the insulator formed in the outside of the center electrode, and the subject metallic ornaments formed in the outside of an insulator, While it has the ignition section which fixes at least to one side of the arranged grounding electrode, and a these center electrodes and a grounding electrode, and forms a spark discharge gap so that it may counter with a center electrode, and the ignition section is constituted by the subject in Ir The field where Vickers hardness becomes 400 or less Hv is characterized by being formed by the thickness of 0.05mm or more from the front face.

[0006] When the ignition section which forms a spark discharge gap is constituted from a metal which makes Ir a subject, this invention persons are setting Vickers hardness of a surface section field with a thickness of 0.05mm or more to 400 or less Hv from a front face, and found out that the spark plug which consumption by oxidization volatilization of Ir component in an elevated temperature was effectively suppressed, as a result was more excellent in endurance is realized.

[0007] In the ignition section of the above-mentioned spark plug, if the thickness of the surface section field where Vickers hardness becomes 400 or less Hv is set to less than 0.05mm, the depressor effect [ exhausting ] by oxidization volatilization of Ir component in an elevated temperature will no longer be attained fully. In addition, as for the Vickers hardness of a surface section field, it is good to be desirably referred to as 370 or less Hv. Moreover, as for the thickness of this surface section field where Vickers hardness becomes 400 or less (desirably 370 or less Hv) Hv, it is desirable that it is 0.1mm or more desirably.

[0008] In addition, to a grounding electrode and/or a center electrode, the above-mentioned ignition section can be joined by welding, and can form the chip which consists of a metal which makes Ir a subject. In this case, the "ignition section" as used in this specification shall point out the portion (for example, portion of the remainder except the portion alloyed with the material of a grounding electrode or a center electrode by welding) which has not been influenced of the composition change by welding among the joined chips.

[0009] In this case, the ignition section can give predetermined processing to the metal material which makes Ir a subject, and can form the chip annealed and obtained at further 900-1700 degrees C by fixing at least to one side of a center electrode and a grounding electrode. In addition, "processing" here shall mean the thing of rolling, forging, cutting, cutting, and blanking which is independent or is made combining plurality in either at least. In this case, the so-called hot working (or warm working) which carries out the temperature up of the alloy to predetermined temperature, and performs it can perform processing of rolling, forging, or blanking. Although the working temperature is based also on alloy composition, it is good to consider, for example as 700 degrees C or more. The method of processing a dissolution alloy into a tabular with hot rolling, for example, piercing the plate in a predetermined configuration by stamping between heat further as the more concrete manufacture method of a chip, and forming a chip can be illustrated. In addition, after processing a dissolution alloy a line or in the shape of a rod with hot rolling or hot forging, the method of cutting this to predetermined length in the length direction, and forming a chip is also possible.

[0010] The distortion by plastic working remained to the considerable grade, the chip manufactured through such processing has started work hardening, and, as for the surface section field where especially the grade of distorted remains is large, the degree of hardness is high fairly. As a result of this invention persons' inquiring wholeheartedly, when such a chip was fixed to the grounding electrode or the center electrode as it was and the ignition section was formed, consumption by oxidization and volatilization of Ir component tended to advance, and it became clear that the endurance of a spark plug is spoiled. and this invention persons anneal at 900-1700 degrees C for this chip, by softening a chip, oxidization and volatilization of Ir component are suppressed effectively, and they find out that the endurance of a spark plug improves so that the

thickness of the surface section field where Vickers hardness becomes 400 or less (370 or less [ Desirably ]) Hv may be set to 0.05mm or more (desirably 0.1mm or more), and they came to complete this invention In addition, as for annealing atmosphere, it is desirable to carry out in reducing atmospheres, such as inert gas atmosphere, vacuum atmosphere of 10 to 3 or less torrs, or hydrogen atmosphere, so that oxidization and volatilization of Ir under processing may be suppressed.

[0011] If an annealing temperature becomes less than 900 degrees C, softening [ of a chip ] will become inadequate, as a result oxidization / volatilization depressor effect of Ir component of the ignition section will no longer be obtained fully. Since a chip softens too much, and it deforms or Ir component volatilization becomes easy to advance, the annealing temperature exceeding 1700 degrees C on the other hand is not desirable. As for an annealing temperature, it is good to adjust in 1000-1500 degrees C desirably.

[0012] As opposed to the visible outline of the particle which appears on the cross section when the ignition section gazes at the cross-section organization, as shown in drawing 5 Changing physical relationship with the particle for two parallel lines so that the inside of a particle may not be crossed in contact with the visible outline The time of various \*\*\*\*\* , The ratio of the diameter [ as opposed to the overall diameter dmax for every overall diameter dmax of the particle and each / in / arbitrary cross sections / similarly the minimum value is made into the diameter dmin of the minimum, and ] particle for the maximum of the distance between the above-mentioned parallel lines / dmin of the minimum is made into dmin/dmax. It is desirable for the average of the dmin/dmax to have become 0.7 or more. That is, since work hardening of the chip material strong-processed by rolling, drawing processing, etc. is carried out as above-mentioned, it is not desirable on oxidization / volatilization suppression of Ir component of the ignition section. In this case, the particle (mainly crystal grain child) of a material is greatly extended in the processing direction, and above-mentioned dmin/dmax shows a quite small value. However, if the above-mentioned annealing is given, recrystallization will progress and dmin/dmax will become large gradually. And if the average of dmin/dmax becomes 0.7 or more, oxidization and volatilization of Ir component of the ignition section are suppressed much more effectively, and can aim at improvement in a life of a spark plug. In addition, as for the average of dmin/dmax, it is good to have become 0.75 or more desirably.

[0013] Moreover, the second composition of the spark plug of this invention A center electrode, the insulator formed in the outside of the center electrode, and the subject metallic ornaments formed in the outside of an insulator, While it has the ignition section which fixes at least to one side of the arranged grounding electrode, and a these center electrodes and a grounding electrode, and forms a spark discharge gap so that it may counter with a center electrode, and the ignition section is constituted by the subject in Ir As opposed to the visible outline of the particle which appears on the cross section when it gazes at the cross-section organization Changing physical relationship with the particle for two parallel lines so that the inside of a particle may not be crossed in contact with the visible outline The time of various \*\*\*\*\* , The ratio of the diameter [ as opposed to the overall diameter dmax for every overall diameter dmax of the particle and each / in / arbitrary cross sections / similarly the minimum value is made into the diameter dmin of the minimum, and ] particle for the maximum of the distance between the above-mentioned parallel lines / dmin of the minimum is made into dmin/dmax. It is

characterized by the average of the  $d_{min}/d_{max}$  having become 0.7 or more. For example, a fixed effect is expectable, when suppressing oxidization and volatilization of Ir component and raising the life of a spark plug by the above-mentioned annealing etc., if the organization of the constituent material (or constituent material of a chip) of this ignition section is adjusted, so that the average of  $d_{min}/d_{max}$  of the particle of the ignition section may become 0.7 or more. In addition, as for the average of  $d_{min}/d_{max}$ , it is good to have become 0.75 or more desirably.

[0014] Moreover, the third composition of the spark plug of this invention A center electrode, the insulator formed in the outside of the center electrode, and the subject metallic ornaments formed in the outside of an insulator, While it has the ignition section which fixes at least to one side of the arranged grounding electrode, and a these center electrodes and a grounding electrode, and forms a spark discharge gap so that it may counter with a center electrode, and the ignition section is constituted by the subject in Ir the ratio to the average  $h_B$  of the Vickers hardness of the residual field of the average  $h_S$  of the Vickers hardness of the surface section field from the front face facing the spark discharge gap to 0.05mm in thickness -- it is characterized by  $h_S/h_B$  being 0.9 or less [0015] In the core of this chip, softening may not advance so much by the factor -- when fairly large, even if the grade of work hardening of the chip for forming the ignition section gives the above-mentioned annealing, it is restrained by surrounding crystal grain, for example, and recovery and recrystallization are barred. In this case, a fixed effect is expectable, when it will suppress oxidization and volatilization of Ir component and will raise the life of a spark plug like the above-mentioned composition, if the surface section field of the ignition section formed of chip fixing has softened in the grade from which above-mentioned  $h_S/h_B$  becomes 0.9 or less compared with a residual field (namely, core field). In addition, as for the value of  $h_S/h_B$ , it is good to have become 0.85 or less desirably. Moreover, the above-mentioned ignition section receives the visible outline of the particle which appears on the cross section when it gazes at the cross-section organization. Changing physical relationship with the particle for two parallel lines so that the inside of a particle may not be crossed in contact with the visible outline The time of various \*\*\*\*\*, The ratio of the diameter [ as opposed to the overall diameter  $d_{max}$  for every overall diameter  $d_{max}$  of the particle and each / in / arbitrary cross sections / similarly the minimum value is made into the diameter  $d_{min}$  of the minimum, and ] particle for the maximum of the distance between the above-mentioned parallel lines /  $d_{min}$  of the minimum is made into  $d_{min}/d_{max}$ . It is still better if the average of the  $d_{min}/d_{max}$  has become 0.7 (0.75 or more [ Desirably ]) or more. Furthermore, the above-mentioned ignition section has it, if the field where Vickers hardness becomes 400 or less  $H_v$  is formed by the thickness of 0.05mm or more from the front face. [ still better ]

[0016] The above-mentioned ignition section can constitute the following Ir alloys to a subject, for example.

(1) Use the alloy which contains Rh by making Ir into a subject in 3 - 50% of the weight (however, it does not contain 50% of the weight) of the range. The spark plug which exhaustion of the ignition section by oxidization and volatilization of Ir component in an elevated temperature was effectively suppressed by use of this alloy, as a result was excellent in endurance is realized.

[0017] If the content of Rh in the above-mentioned alloy becomes less than 3% of the weight, the depressor effect of oxidization and volatilization of Ir becomes inadequate,

and since it becomes easy to exhaust the ignition section, the endurance of a plug will fall. On the other hand, if the content of Rh becomes 50% of the weight or more, the melting point of an alloy will fall and the endurance of a plug will fall similarly. It is good to adjust in 18 - 22% of the weight of the range most desirably 15 to 25% of the weight seven to 30% of the weight from the above thing desirably [ as for the content of Rh, adjusting in the above-mentioned range is good, and ].

[0018] (2) Use the alloy which contains Pt in 1 - 20% of the weight of the range by making Ir into a subject. The spark plug which exhaustion of the ignition section by oxidization and volatilization of Ir component in an elevated temperature was effectively suppressed by use of this alloy, as a result was excellent in endurance is realized. In addition, since the depressor effect of oxidization and volatilization of Ir will become inadequate and it will become easy to exhaust the ignition section if the content of Pt in the above-mentioned alloy becomes less than 1% of the weight, the endurance of a plug falls. On the other hand, if the content of Pt becomes 20% of the weight or more, the melting point of an alloy will fall and the endurance of a plug will fall similarly.

[0019] (3) Use the alloy which contains Rh in 0.1 - 30% of the weight of the range by making Ir into a subject, and contains Ru in 0.1 - 17% of the weight of the range further. The spark plug which consumption of the ignition section by oxidization and volatilization of Ir component in an elevated temperature was suppressed by this still more effectively, as a result was more excellent in endurance is realized. Since the depressor effect of oxidization and volatilization of Ir will become inadequate and it will become easy to exhaust the ignition section if the content of Rh becomes less than 0.1% of the weight, it becomes impossible to secure the expendability-proof of a plug. When the content of Rh exceeds 30 % of the weight, the melting point of the alloy containing Ru falls, fireproof flower expendability is spoiled, and it becomes impossible on the other hand, for the endurance of a plug to secure similarly. So, the content of Rh is adjusted in the above-mentioned range.

[0020] On the other hand, if the content of Ru becomes less than 0.1% of the weight, the effect which suppresses consumption by the oxidization and volatilization of Ir by addition of this element will become inadequate. When the content of Ru exceeds 17 % of the weight, it on the contrary becomes easy to carry out sparks consumption of the ignition section, and it becomes impossible moreover, to secure endurance with a sufficient plug. So, as for the sum total content of Ru, it is good for it to be adjusted in the above-mentioned range and to adjust in 0.5 - 10% of the weight of the range still more desirably 0.1 to 13% of the weight desirably.

[0021] When Ru contains in an alloy, it is referred to as one of the causes that the expendability-proof of the ignition section is improved, for example, a stable and precise oxide film is formed in an alloy front face at an elevated temperature of addition of this component, and it is guessed in the oxide of a simple substance that Ir whose volatility was very high is fixed in this oxide film. And this oxide film acts as a kind of passive state coat, and is considered to suppress oxidization advance of Ir component. Moreover, in the state where Rh is not added, since the anti-oxidation volatility in the elevated temperature of an alloy does not improve so much even if it adds Ru, the above-mentioned oxide films are multiple oxides, such as an Ir-Ru-Rh system, and it is also considered that it is that in which this excelled the oxide film of an Ir-Ru system in compactness or the adhesion to an alloy front face.



[0022] In addition, if the sum total content of Ru increases too much, rather than volatilization of Ir oxide, that to which sparks consumption comes to advance according to the following mechanisms will be conjectured. That is, the adhesion force over the compactness or the alloy front face of an oxide film formed declines, and if this sum total content exceeds 17 % of the weight, especially the influence will become remarkable. And if the shock of the spark discharge of a spark plug is added repeatedly, it will be thought that the oxide film currently formed separates, become easy to fall, a new metal side is exposed with it, and sparks consumption becomes easy to advance.

[0023] Moreover, addition of Ru can attain the important, still more nearly following effects. Namely, by making Ru contain in an alloy, as compared with the case where an Ir-Rh binary alloy is used, even if it cuts down Rh content sharply, expendability-proof can fully be secured, as a result a highly efficient spark plug can be more cheaply constituted now. In this case, as for the content of Rh, it is more desirably good that it is 0.1 - 1 % of the weight 0.1 to 3% of the weight.

[0024] In addition, the material which constitutes a chip can be made to contain the oxide (for a multiple oxide to be included) of the metallic element belonging to 3A group (the so-called rare earth elements) and 4A group (Ti, Zr, Hf) of an element periodic table also in which the quality of the material of above-mentioned (1) - (3) by 0.1 - 15% of the weight of within the limits. Thereby, consumption by oxidization and volatilization of Ir component is suppressed still more effectively. If the content of the above-mentioned oxide becomes less than 0.1% of the weight, the oxidization / volatilization prevention effect of Ir by the oxide addition concerned will no longer be acquired fully. On the other hand, if the content of an oxide exceeds 15 % of the weight, in case the thermal shock resistance of a chip will fall, for example, a chip will be fixed by welding etc. to an electrode, faults, such as a crack crack, may be produced. In addition, as the above-mentioned oxide, although Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> are used suitably, LaO<sub>3</sub>, ThO<sub>2</sub>, and ZrO<sub>2</sub> grade can be used preferably.

[0025]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the gestalt of some operations of this invention is explained using a drawing. An example slack spark plug 100 of this invention shown in drawing 1 While an end is combined with the insulator 2 which it \*\*\*\*\*ed inside the subject metallic ornaments 1, the center electrode 3 prepared inside the insulator 2 in the state where the ignition section 31 formed at the nose of cam was made to project, and the subject metallic ornaments 1 by welding etc. so that the tubed subject metallic ornaments 1 and a point 21 may project It has the grounding-electrode 4 grade arranged so that an other end side may be bent again in the side and the side may counter with the point of a center electrode 3. Moreover, the ignition section 32 which counters the above-mentioned ignition section 31 is formed in the grounding electrode 4, and let the crevice between these ignition section 31 and the ignition section 32 which counters be the spark discharge gap g.

[0026] It is constituted by ceramic sintered compacts, such as an alumina or aluminimum nitride, and the insulator 2 has the pore 6 for inserting a center electrode 3 in the interior in accordance with own shaft orientations. Moreover, while the subject metallic ornaments 1 are formed in the shape of a cylinder with metals, such as low-carbon steel, and constituting housing of a spark plug 100, the thread part 7 for attaching in the cylinder crank case which does not illustrate a plug 100 is formed in the periphery side.

[0027] Next, as shown in drawing 2 , these somata 3a and 4a of a center electrode 3 and a grounding electrode 4 consist of nickel alloys etc. On the other hand, the above-mentioned ignition section 31 and the ignition section 32 which counters are constituted by the alloy which makes Ir a subject, for example, an Ir-Rh alloy.

[0028] This soma 3a of a center electrode 3 piles up the disc-like chip which consists of alloy composition which the apical surface is constituted evenly and constitutes the above-mentioned ignition section here while the diameter of a nose-of-cam side is reduced, and the ignition section 31 is formed by forming a weld zone B by laser welding, electron beam welding, resistance welding, etc. along with the plane-of-composition rim section further, and fixing this. Moreover, the ignition section 32 which counters carries out alignment of the chip to a grounding electrode 4 in the position corresponding to the ignition section 31, and is formed by forming a weld zone B similarly along with the plane-of-composition rim section, and fixing this. In addition, it is good also as composition which omits either the ignition section 31 and the ignition section 32 which counters. In this case, the spark discharge gap g is formed between the ignition section 31 and a grounding electrode 4 or between the ignition sections 32 and the center electrodes 3 which counter.

[0029] These chips process into a tabular the dissolution alloy obtained by blending and dissolving each alloy content with hot rolling so that it may become predetermined composition, and they pierce the plate in a predetermined chip configuration by stamping between heat, and what was annealed at 900-1700 degrees C (desirably 1000-1500 degrees C) by reducing atmospheres, such as a vacuum, inert gas atmosphere, or hydrogen atmosphere, is used further. In addition, after a chip processes an alloy a line or in the shape of a rod with hot rolling or hot forging, it may cut this to predetermined length in the length direction, and may use what annealed further and was formed.

[0030] And as for the ignition section 31 and the ignition section 32 which counters formed based on this chip, the field where Vickers hardness becomes 400 or less (desirably 370 or less Hv) Hv is formed by the thickness more than 0.05mm (desirably 0.1mm) from the front face. Moreover, the above-mentioned ignition section 31 (and ignition section 32 which counters) makes  $d_{min}/d_{max}$  the ratio (refer to drawing 5 ) of the diameter  $d_{min}$  of the minimum to the above-mentioned overall diameter  $d_{max}$  for every particle in the arbitrary cross section, and let the averages of the  $d_{min}/d_{max}$  be 0.7 or more (0.75 or more [ Desirably ]) things.

[0031] Hereafter, an operation of a spark plug 100 is explained. That is, as shown in drawing 1 , a spark plug 100 is attached in a cylinder crank case in the thread part 7, and is used as an ignition source to the gaseous mixture supplied to a combustion chamber. Here, exhaustion of the ignition section by oxidization and volatilization of Ir is suppressed with the ignition section 31 and the ignition section 32 which counters which forms the spark discharge gap g being constituted as mentioned above. Thereby, the spark discharge gap g cannot be expanded over a long period of time, but the life of a plug 100 can be developed.

[0032] For example, as shown in drawing 4 (a), in the case of the chip 101 which pierced and manufactured the rolled-plate material 200, surface section 101a especially with a high degree of hardness is formed near the ends side originating in a rolling side. If the ignition section 31 or the ignition section 32 which counters of drawing 2 is formed using this chip 101 as it is, the degree of hardness the gap opposite side 31a or near 32a will

become high, and oxidization volatilization of Ir component will become easy to occur in this portion. On the other hand, as shown in drawing 4 (b), in the case of the chip 101 which cut and manufactured the rod-like material 102 manufactured with forging to predetermined length in the length direction, surface section 101b with a high degree of hardness is formed near [ the ] a periphery side. When the ignition section 31 or the ignition section 32 which counters is formed using this, the degree of hardness peripheral surface 31b or near 32b becomes high, and oxidization volatilization of Ir component becomes easy to occur in this portion. However, if the chip which performed the above-mentioned annealing is used in any case, the high degree-of-hardness state of above-mentioned surface section 101a or 101b will be solved, and oxidization and volatilization of Ir will be suppressed.

[0033] As shown in drawing 3, the ignition section 31 or the ignition section 32 which counters The cross section P1 by the first field parallel to the medial-axis line O of a center electrode 3, (It is made to represent with the luminescence section 31 at drawing 3 ) Similarly it is parallel to this medial-axis line O, and it is good that the average of  $d_{min}/d_{max}$  of a particle is 0.75 or more desirably 0.7 or more also in any of the first field, the cross section P2 by the second field which intersects perpendicularly, and the cross section P3 by the third field which intersects perpendicularly with this medial-axis line O. For example, since the particle extended by the rolling direction becomes active in the chip 101 of drawing 4 (a) when it does not anneal or the ignition section 31 or the ignition section 32 which counters of drawing 2 is formed using a chip with inadequate annealing, in a cross section P3,  $d_{min}/d_{max}$  becomes easy to become less than 0.7. On the other hand, since the particle extended in the extension direction by forging becomes active in the chip 101 of drawing 4 (b), in a cross section P1 or P2, the average of  $d_{min}/d_{max}$  becomes easy to become less than 0.7. However, the ignition section 31 or the ignition section 32 which counters becomes possible [ making the average of  $d_{min}/d_{max}$  or more into 0.7 ] also in which cross sections P1-P3 because annealing uses the fully given chip.

[0034] In addition, you may make the whole simultaneously of a chip 101 Vickers hardness set to 400 or less (desirably 370 or less Hv) Hv by lengthening annealing time. In the core of this chip 101, softening may not advance so much by the factor -- on the other hand, when fairly large, even if the grade of work hardening of a chip 101 gives the above-mentioned annealing, it is restrained by surrounding crystal grain, and recovery, recrystallization, etc. are barred. Moreover, even if it fully anneals depending on the quality of a component of a chip 101, the Vickers hardness may not be made with 400 or less Hv. Vickers hardness  $h_S$  of an average of 31s of surface section fields of the ignition section 31 (it is made to represent with the ignition section 31 in ignition section 32: drawing which reached and counters) formed of fixing of a chip 101 as shown in drawing 4 (c) in these cases, a ratio with Vickers hardness  $h_B$  of an average of residual field (namely, core field) 31c -- a fixed effect is attained, when suppressing oxidization and volatilization of Ir component and raising the life of a spark plug, if  $h_S/h_B$  has softened in the grade which becomes 0.9 (0.85 or less [ Desirably ]) or less

[0035]

[Example] (Example 1) Ir simple substance metal material (99.9% of purity) and the alloy material which contains Rh or Pt by various composition by making Ir into a subject by blending and dissolving Ir, Rh, and Pt of the specified quantity were produced

by the solution process. These materials were made into the tabular with a thickness of 0.5mm with hot rolling (temperature of about 700 degrees C), and this was processed into the disc-like chip with a diameter [ of 0.7mm ], and a thickness of 0.5mm by the punched-out one between heat (temperature of about 700 degrees C). And vacuum annealing was performed to the chip after processing in the temperature of 1150 degrees C or 1200 degrees C, and holding-time 5 - 40 hours. In addition, the non-annealed chip was also produced for comparison.

[0036] the ratio of the diameter [ as opposed to / each above-mentioned chip makes the cross section of the sense which intersects perpendicularly with an axis mostly in the thickness direction center section by polish, take the optical microscope photograph and / the overall diameter  $d_{max}$  of each particle ]  $d_{min}$  of the minimum --  $d_{min}/d_{max}$  was calculated by the well-known image-analysis technique, and the average was calculated [0037] Moreover, as shown in drawing 6 , each chip was cut in respect of an axis O1 being included, the long and slender determination-of-hardness field with a width of face of 0.2mm was set up focusing on the datum line O2 which intersects perpendicularly with this through the middle point of this axis further, and the distribution of Vickers hardness in alignment with this datum line O2 was measured at intervals of 0.05mm towards the chip center from the front face (it displays as a "reference point" by drawing 6 ) of one end of this datum line O2. In addition, measurement asked for the degree of hardness by the average in alignment with the datum line O2 measured four points at the predetermined intervals along the cross direction of the above-mentioned determination-of-hardness field for every position, using a micro Vickers hardness meter. and the measured degree-of-hardness distribution -- setting -- a degree of hardness with a position of the above-mentioned reference point to 0.05mm --  $h_{0.05}$  -- an average  $(h_{0.05}+h_{0.1})/2$  of both were computed as a surface section degree of hardness  $h_S$ , having used the degree of hardness with a position of 0.1mm as  $h_{0.1}$  similarly moreover, a degree of hardness with a position of a reference point to 0.30mm --  $h_{0.30}$  and [0038] which similarly set position ( $h_{0.35}$  and 0.40 moremm) of the degree of hardness to  $h_{0.40}$  for the degree of hardness with a position of 0.35mm, and computed those averages  $(h_{0.30}+h_{0.35}+h_{0.40})/3$  as a core degree of hardness  $h_B$  And these chips were used as the test piece and the weight percentage reduction (oxidization loss in quantity) of each test piece after holding at 1100 degrees C in the atmosphere for 30 hours was measured. The result is shown in Table 1.

[0039]

[Table 1]

|    | チップ組成            | 焼鈍温度<br>(°C) | 焼鈍時間<br>(hr) | 表層部硬度<br>(hS) | 中心部硬度<br>(hB) | hS/hB | dmin/dmax | 酸化減量<br>(%) |
|----|------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|-------|-----------|-------------|
| 1* | Ir-0.8wt%Rh      | 焼鈍なし         | —            | 497           | 486           | 1.02  | 0.08      | 28.9        |
| 2  | Ir-0.8wt%Rh      | 1150         | 30           | 285           | 420           | 0.68  | 0.87      | 14.3        |
| 3* | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 焼鈍なし         | —            | 556           | 542           | 1.02  | 0.06      | 15.9        |
| 4  | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 1150         | 5            | (380)         | 516           | 0.74  | 0.70      | 12.1        |
| 5  | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 1150         | 10           | (350)         | 503           | 0.70  | 0.73      | 8.7         |
| 6  | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 1150         | 30           | 328           | 494           | 0.66  | 0.74      | 4.3         |
| 7  | Ir-5wt%Pt-5wt%Rh | 1200         | 40           | 314           | 322           | 0.98  | 0.92      | 3.7         |
| 8* | Ir               | 焼鈍なし         | —            | 568           | 572           | 0.99  | 0.04      | 81.8        |
| 9  | Ir               | 1150         | 30           | 381           | 465           | 0.82  | 0.71      | 17.4        |
| 10 | Ir               | 1200         | 40           | 386           | 374           | 1.03  | 0.77      | 17.8        |

\*は本発明の範囲外であることを示す。

[0040] That is, about the chip with which the degree of hardness hS of the surface section is 400 or less Hv, it turns out that oxidation loss in quantity is all small. Exhaustion of a chip would be suppressed also in the high speed and heavy load operational status to which the temperature of a plug rises, and this will have suggested that the endurance of a plug is raised, if a spark plug is produced using this chip. Moreover, these chips are also understood that each average of dmin/dmax has become 0.7 or more. On the other hand, about the chip (sample numbers 1, 3, and 8) for which the degree of hardness hS of the surface section exceeds Hv400, what oxidation loss in quantity is large (15% or more) is understood.

[0041] Next, the ignition section 31 and the ignition section 32 which counters of the spark plug 100 shown in drawing 1 were formed as an example among some chips which carried out [ above-mentioned ] production as well as the chip (surface section degree-of-hardness hS:Hv328) of the number 6 of Table 1, using the chip (surface section degree-of-hardness hS:Hv556) of a number 3 as an example of comparison. In addition, the width of face of the spark discharge gap g was set as 1.1mm. The measurement result of the degree-of-hardness distribution which meets drawing 6 at the aforementioned datum line of these chips is shown. That is, with the chip of a number 6, the degree of hardness from a front face to 0.1mm is 360 or less Hv, and it turns out to being a thing belonging to the range of this invention that it does not call at a position but the degree of hardness shows the 500 or more-Hv high value uniformly by the chip of a number 3. Moreover, the optical microscope organization photograph of the surface section cross section of the used chip is shown in drawing 7 ((a) is a number 6 and (b) is one 200 times the number

3:scale factor of this). It turns out that recrystallization progresses and the chip of a number 6 with which the crystal grain which the organization of the chip of the number 3 which did not anneal originated in processing, and was strongly extended to \*\* on the other hand annealed to being active shows the equiaxed-grain-organization each crystal grain wore as a whole.

[0042] And the performance test of the above-mentioned plug was performed on condition that the following (only in case of numbers 3 and 6). That is, these plugs were attached in the 6-cylinder gasoline engine (displacement of 2800 cc), it ran continuously in a throttle full open state and engine-speed 5500rpm for 400 hours (center-electrode temperature of about 900 degrees C), and the state of the ignition section of the plug after an operation end was observed visually. The appearance photograph is shown in drawing 8 . namely, about the spark plug of the example of comparison which constituted the ignition section from a chip (number 3) of that do not anneal and the surface section has hardened as shown in drawing 8 (b) To exhaustion of the ignition section advancing remarkably, as shown in this drawing (a), by the spark plug of the example which constituted the ignition section from a chip (number 6) which it annealed [ chip ] and softened the surface section, it turns out that exhaustion of the ignition section does not progress so much, but expendability-proof is improved.